

第9章 スーパーヘテロダインラジオの製作

古橋 武

9.1 [組み立て](#)

9.2 [調整](#)

9.3 [充電池一個（電源電圧 1.25 \[V\]）の試み](#)

本稿の Web ページ

http://www.mybook-pub-site.sakura.ne.jp/Radio_note/index.html

9.1 組み立て

スーパーヘテロダインラジオとは、受信した放送信号を別の周波数（中波帯の AM ラジオでは 455kHz）の信号に変換して増幅し、その後に復調を行う回路方式のラジオをいう。例えば、名古屋の NHK 第一は 729kHz であるが、これを 455kHz の周波数に変換する。放送信号が NHK 第二(909kHz), CBC ラジオ(1053kHz), 東海ラジオ(1332kHz) のいずれであっても、455kHz の信号に変換する。図 9.1.0 はスーパーヘテロダインラジオの構成を示す。NHK 第一を受信した場合、同調回路は 729kHz の放送信号を捉える。周波数変換回路はこの放送信号を 455kHz（中間周波数と呼ばれる。）に変換する。図は中間周波増幅回路 2 段の構成例である。中間周波増幅回路を挟んで 3 段の中間周波トランスがある。このトランスは共振回路であり、いずれの共振周波数も 455kHz である。

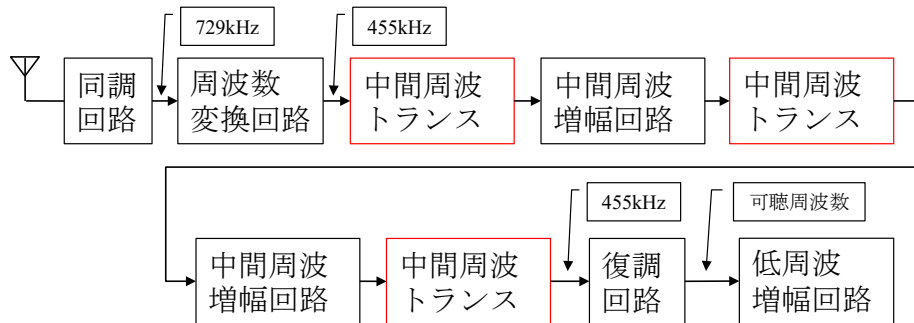


図9.1.0 スーパーヘテロダインラジオの構成

スーパーヘテロダインは **Supersonic heterodyne** の略であり、**supersonic**（超音波の、中波帯の AM ラジオの場合は 455kHz を指す）、**hetero**（もう一つ別の）、**dyne**（パワー）を意味する。したがって、スーパーヘテロダインラジオは、放送信号を別の信号に変換するラジオであることを意味している。**選択度（目的の放送局の信号のみを抽出する能力）のすばらしく高いラジオ**である。ストレートラジオやレフレックスラジオでは夜間に近接局（周波数が近い局）同士が混信を引き起こして聴き苦しいことがあるが、スーパーヘテロダインラジオはこの混信をよく低減できる。ストレートラジオの感覚でこのラジオの選局ダイヤルを廻すと、同調点をたちまち通り過ぎてしまい、各局を全く捉えられないことになりかねない。狭い角度の範囲内に同調点があるのでゆっくりとダイヤルを回す必要がある。

周波数を変換する効果は以下の二つが挙げられる。

発振を引き起こさずに回路全体の電圧増幅度を上げることができる。放送周波数のまま増幅を重ねると、後段の信号が前段の増幅回路へと廻り込み、発振を引き起こしてしまう。高周波信号は寄生容量などを介して容易に前段へと伝わってしまうからである。受信周波数とは異なる中間周波数に変換して増幅する場合は、前段の高周波回路に後段の出力信号が廻り込んでも、周波数が違うので発振条件が満たされることはない。また、455 [kHz]と低い周波数に変換することで、寄生容量による悪影響を減らすことができる。

中間周波トランスの共振周波数を固定できる。全ての放送波を一定の中間周波数へと変換することで、複数の中間周波トランスの共振周波数を逐一調整する必要がない。このため、中間周波トランスを複数段連ねることが容易になり、[図 11.1.7](#) の様にラジオの選択度を高めることができる。

[図 9.1.1](#) はスーパーヘテロダインラジオの基本形の回路図である。このラジオは同調回路、混合回路、中間周波増幅回路、復調回路、AGC回路からなる。混合回路は、例えば放送信号が 729kHz の場合、1184kHz の信号を局部発振回路(OSC)により生成して、トランジスタ Tr_1 により放送信号と局発信号を混合して 455kHz の中間周波信号を作り出している。電流増幅回路は普通のイヤフォン（スマートフォン、iPOD や Walkman などの携帯音響機器に使われているイヤフォン）を利用できるようにするために本書で独自に付加してある。この電流増幅回路は、クリスタルイヤフォンを使用する回路の場合には必要ない。

[図 9.1.2](#) は組み立て図である。ただし、電池は外してある。[図 9.1.3](#) は組み立て図の拡大写真である。配線の詳細は[図 9.1.4](#)、[図 9.1.11](#)、[図 9.1.14](#) の立体配線図を参照されたい。ブレッドボード上に製作したスーパーヘテロダインラジオである。このスーパーヘテロダ

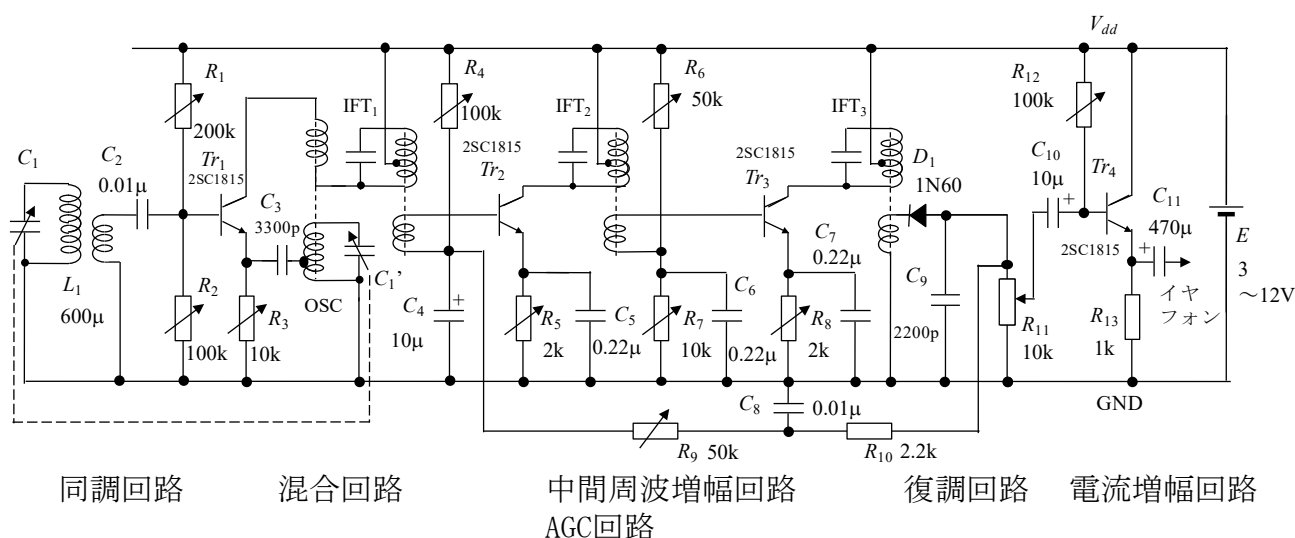


図9.1.1 スーパーヘテロダインラジオの回路図

インラジオの特徴は OSC コイル（局部発振用コイル OSC, 図 9.1.2, 図 9.1.3 では赤いネジを持つ部品）と中間周波トランス(IFT_{1~3}, 黄, 白, 黒のネジを持つ部品)にある。

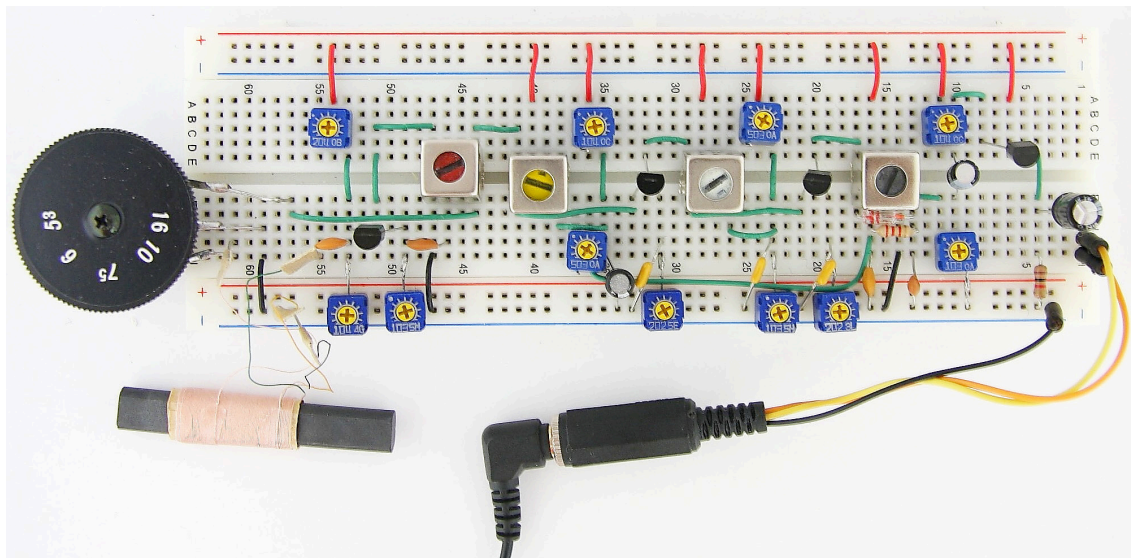


図9.1.2 スーパーヘテロダインラジオの組み立て図

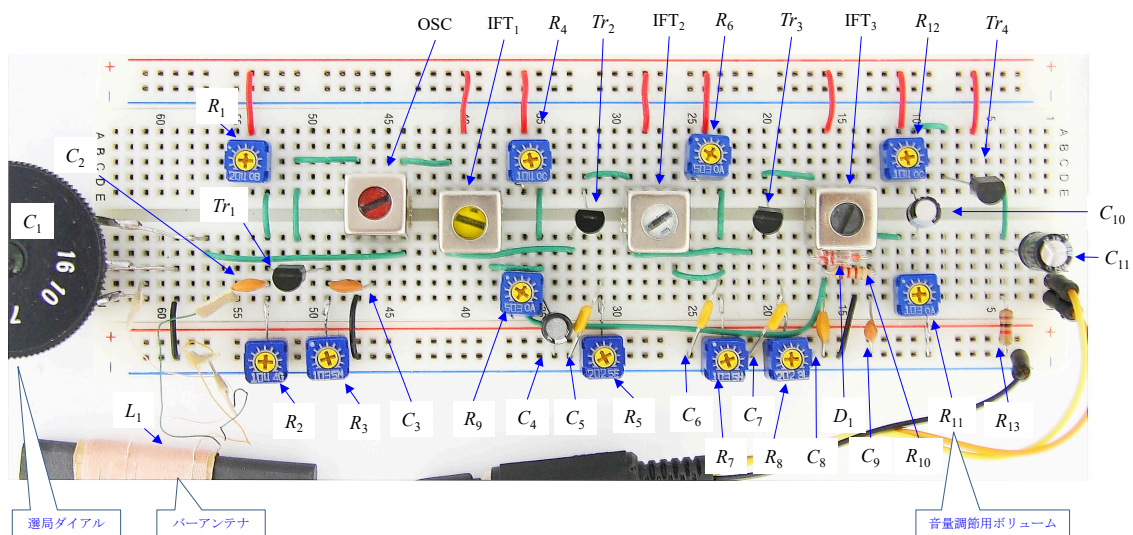


図9.1.3 スーパーヘテロダインラジオの組み立て図
(ボード部分の拡大写真)

図9.1.4, 図9.1.5は同調回路+混合回路の回路図と立体配線図である。同調回路の組み立ては2.1節を参照されたい。図9.1.6にOSC コイルの外観と記号を示す。赤いネジが目印である。OSC コイルをブレッドボードに挿入するためには足を加工しなければならない。その様子を図9.1.7に示す。まず上の写真のようにシールドケースの足を切除する。写真の左側が切除前であり、右側が切除後である。次に下の写真のように3つ並んでいる電極の真ん中の電極を切断し、その後少し左側にハンダづけする。これは3つの電極の間隔がブレッドボードの間隔と合っていないための措置で

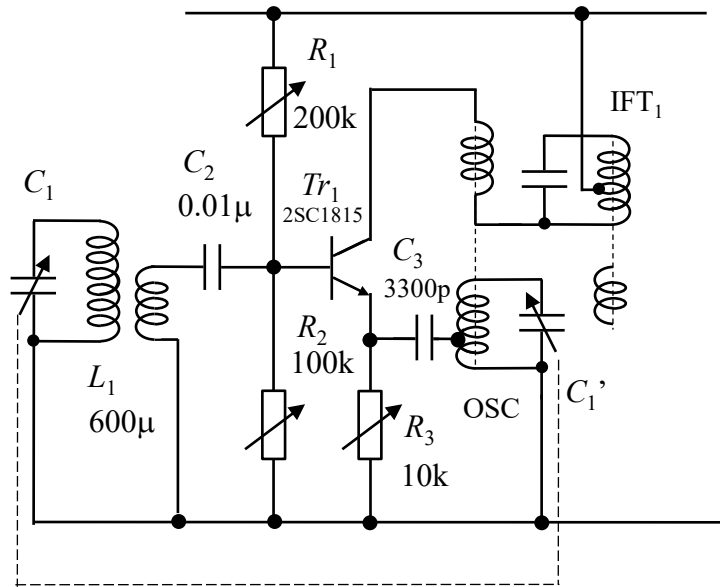


図9.1.4 混合回路

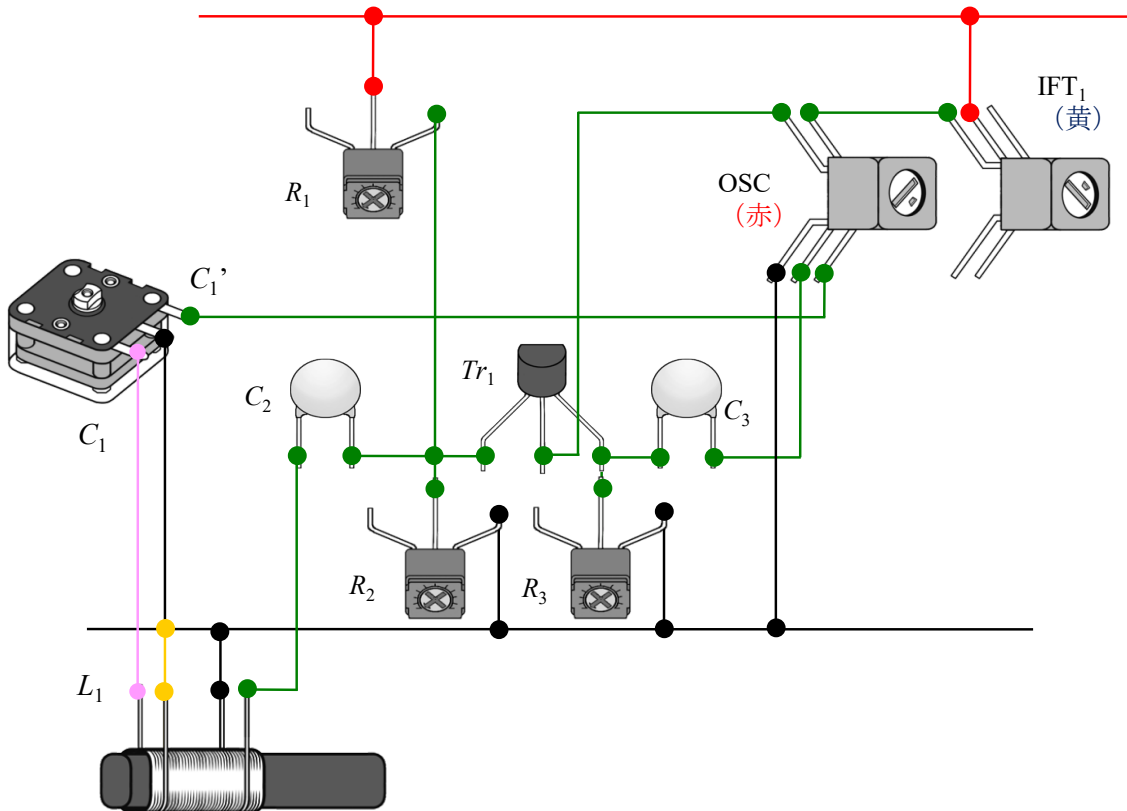
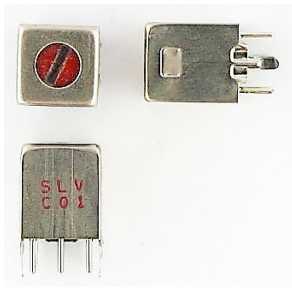
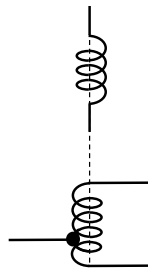


図9.1.5 同調回路, 混合回路の立体配線図



(a) OSCコイル外観



(b) OSCコイルの記号

図9.1.6 OSCコイル

ある。真ん中の足を少し曲げて無理矢理差し込むこともできるが、力を入れすぎると電極を支えているプラスチックの土台がもろくも壊れてしまうことがある。

図9.1.8はポリバリコンの外観と記号を示す。OSCコイルと並列に接続するコンデンサ C_1' は最大 70 [pF] ほどの静電容量を持つ。図9.1.9はポリバリコンの各電極にリード線をハンダづけした様子を示す。これによりポリバリコンをブレッドボードに挿入できる。図9.1.10はOSCコイルとポリバリコンのコンデンサ C_1' を接続した立体配線図である。コンデンサ C_1' は同調回路のコンデンサ C_1 と同じ軸に取り付けられていて、同調回路の共振周波数 $f_{L_1-C_1}$ (コイル L_1 とコンデンサ C_1 による共振) に対して局部発振回路の共振

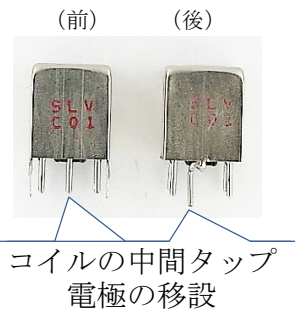
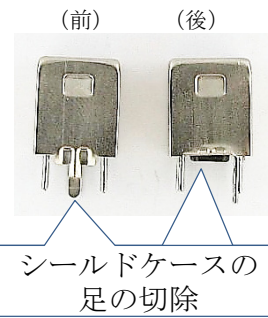


図9.1.7 OSCコイルの改造

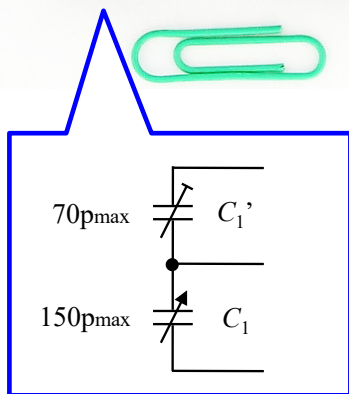
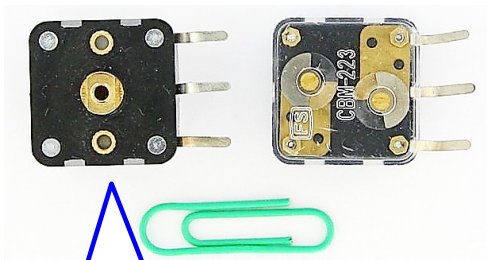


図9.1.8 ポリバリコン

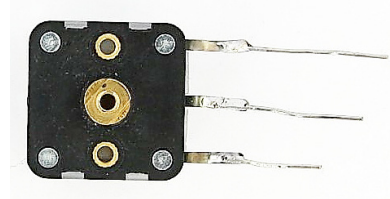


図9.1.9 リード線の取り付け

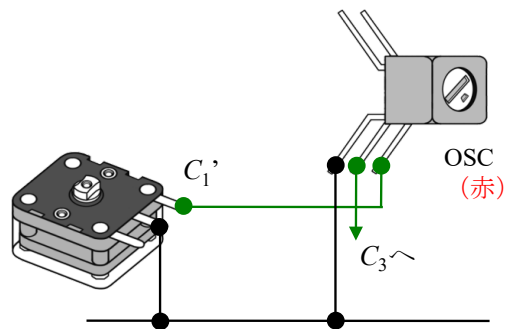


図9.1.10 ポリバリコンとOSCコイルの接続

周波数 f_{osc_C1} (OSC コイルとコンデンサ C_1 による共振) の差が常に 455 [kHz]となるように作られている. f_{L1_C1} が 600 [kHz]~1400 [kHz]の間を変化するとき, f_{osc_C1} は 1055 [kHz]~1855 [kHz]の間を変化しなければならない. f_{L1_C1} の変化比率は 1 : 2.33 であるのに対して f_{osc_C1} のそれは 1 : 1.66 である. 変化比率が異なりながらも, 共振周波数差を 455 [kHz]一定に保つためにコンデンサの電極形状に工夫がなされている.

図 9.1.11, 図 9.1.12 は中間周波増幅回路の立体配線図と回路図である. 中間周波トランス (IFT₁, IFT₂, IFT₃)の各電極の接続の詳細を示してある. 図 9.1.13 は中間周波トランス IFT の外観写真と記号を示す. 中間周波増幅回路は 455 [kHz]±数[kHz]の信号成分専用の増幅回路である. 中間周波トランスはそれぞれ 455 [kHz]に共振周波数を持ち, 3 個の共振回路

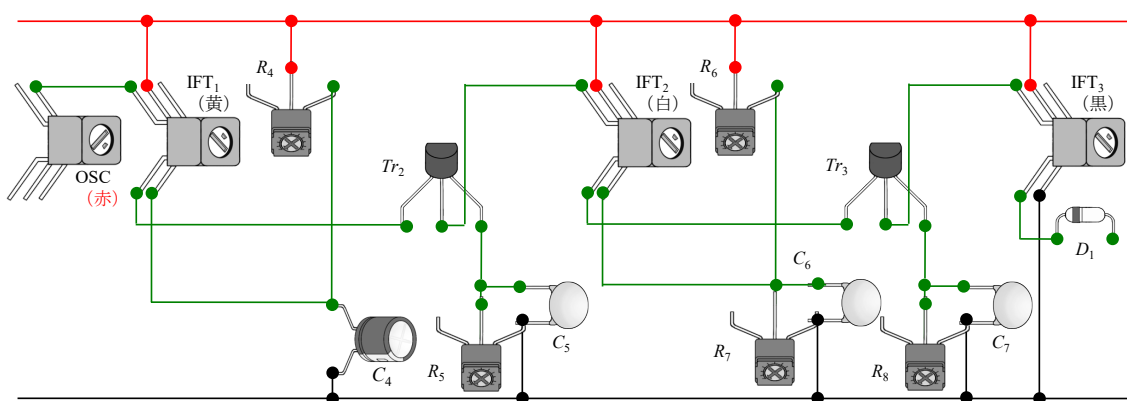


図9.1.11 中間周波増幅回路の立体配線図

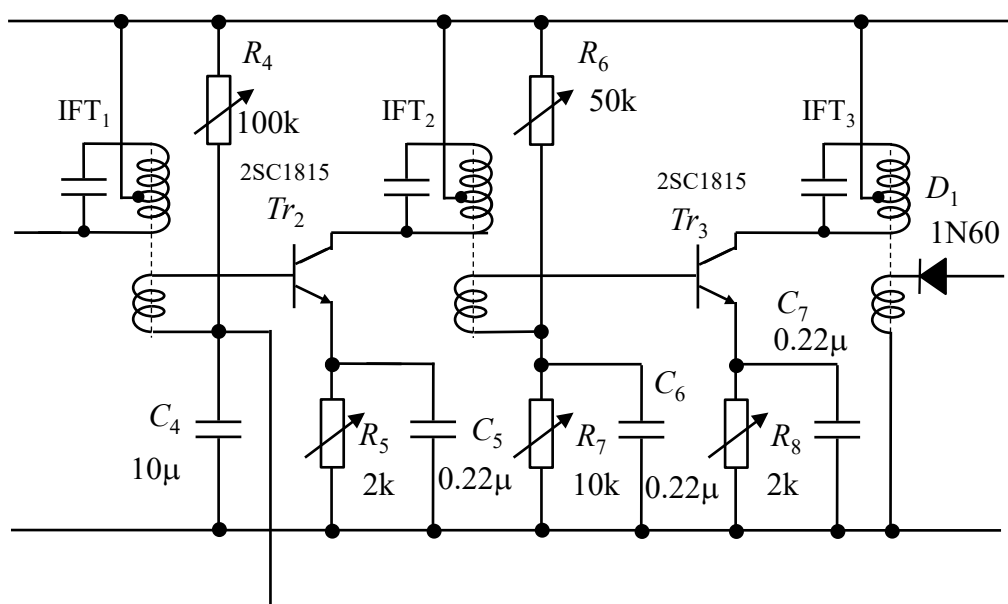
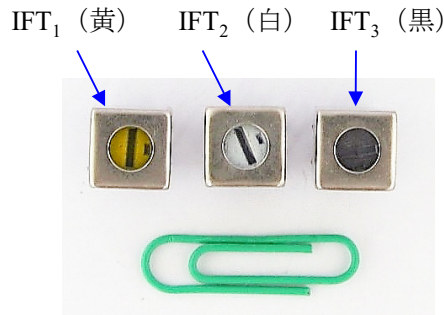
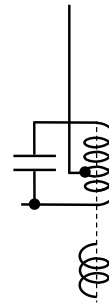


図9.1.12 中間周波増幅回路



(a) IFTの外観



(b) IFTの記号

図9.1.13 IFT

と2段の増幅回路により、455 [kHz]の周辺の信号成分のみを大きく増幅する。感度、選択度のよいラジオを実現するための重要な回路である。

図9.1.14、図9.1.15は復調回路とAGC(Automatic Gain Control)回路の立体配線図と回路図を示す。遠くの放送局、近隣の放送局、大出力の放送局、小出力の放送局などを選局する際に、どの局もボリューム抵抗(図9.1.1では R_{11})を調節しなくてもほぼ同じ音量で聴けるようにするための回路である。中間周波増幅回路により増幅度に余裕ができたことを利用して、負帰還回路を構成している。

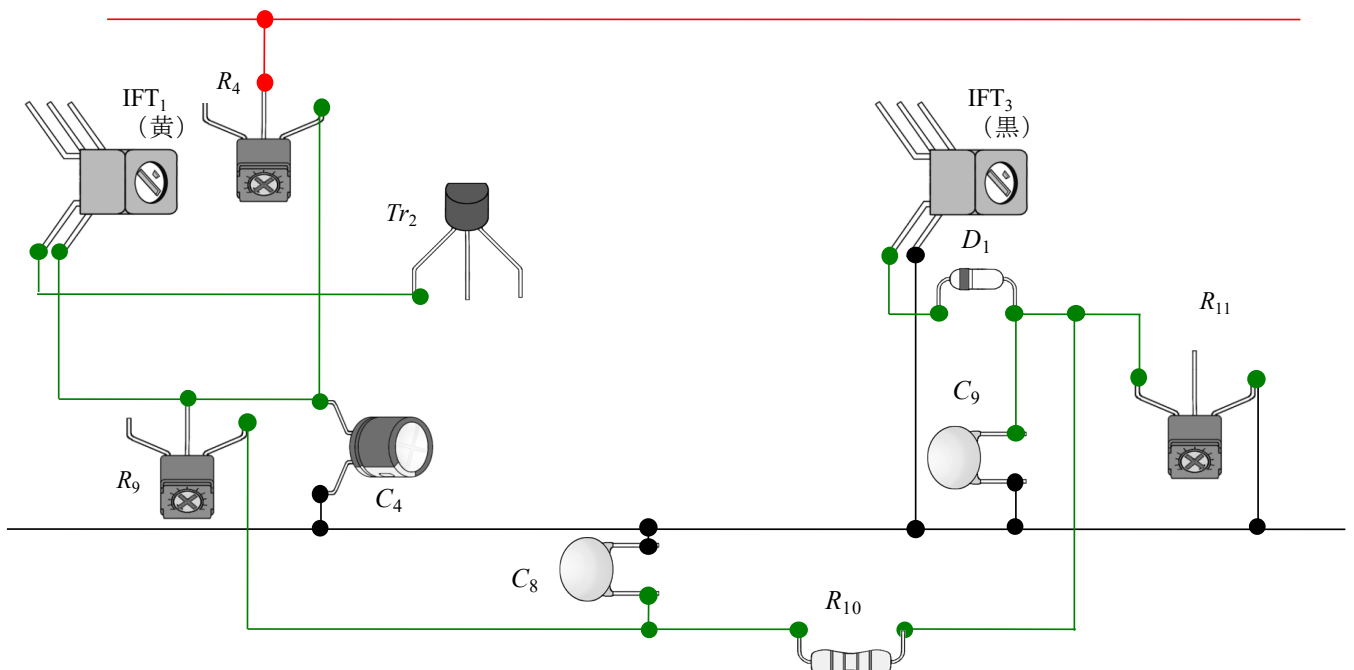


図9.1.14 AGC回路の立体配線図

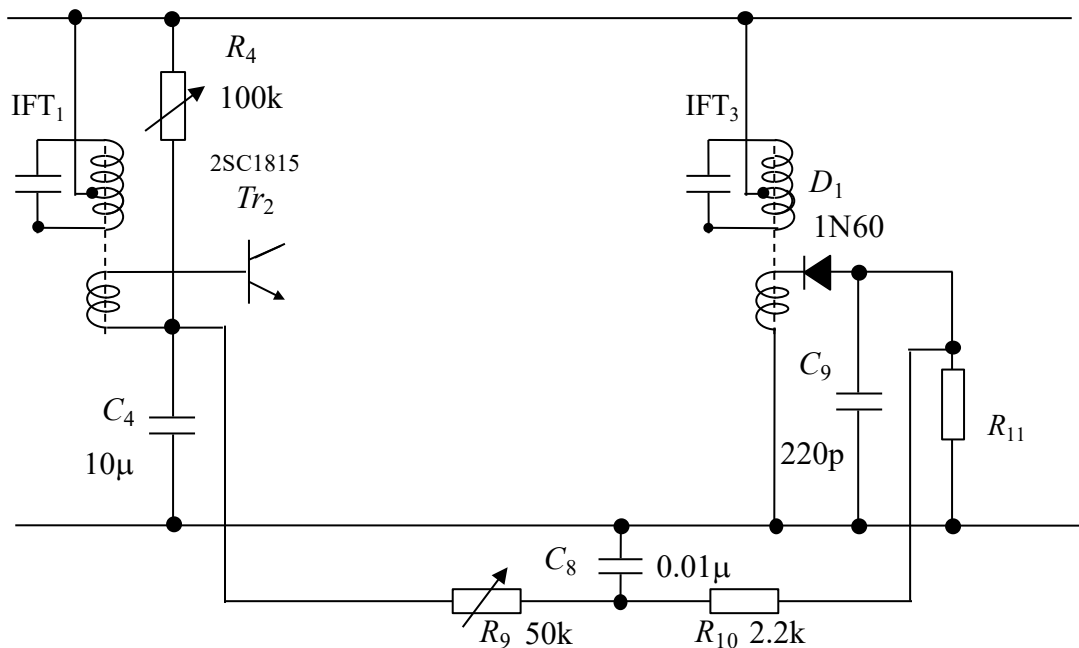


図9.1.15 復調回路とAGC回路

なお、スーパーヘテロダイナラジオ特有の部品である OSC コイル (赤), 中間周波トランス IFT₁ (黄), IFT₂ (白), IFT₃ (黒) の (平成 21 年 10 月時点の) 筆者の購入先を表 9.1.1 に示す。他の部品の購入先については表 1.1.1 を参照されたい。

表9.1.1 部品の定格と購入先

| 部品 | 型式・定格 | 単価 | 数量 | 購入先 |
|--------------|-----------------------|-----|----|--|
| OSC 発振コイル | 455kHz, 赤色, 10mm角 | 130 | 1 | 電子パーツ通販KURA http://www.kura-denshi.com/ |
| IFT 中間周波トランス | 455kHz, 黄色, 初段, 10mm角 | 130 | 1 | " |
| IFT 中間周波トランス | 455kHz, 白色, 中絶, 10mm角 | 130 | 1 | " |
| IFT 中間周波トランス | 455kHz, 黒色, 終段, 10mm角 | 130 | 1 | " |

9.2 調整

スーパーヘテロダイナミックラジオは調整の難しいラジオと言われている。難しいのは OSC コイル、中間周波トランスとポリバリコンの背面のトリマコンデンサの調整である。これらは工場出荷時に調整されているので触らないと決めてかかれば、各抵抗値を [図 9.2.1](#) に示されている値に調整するだけでよい。ただし、音量調節用抵抗 R_{11} を真ん中辺りとする。選局用ダイヤルをゆっくりと回せば音が聞こえてくるはずである。音が聞こえれば、音量を絞る、抵抗 $R_1 \sim R_8$ を一つずつ音質が良くなる方向へと少しずつ回すことを繰り返せばよい。どうしても放送を捉えることができなければ、各部の直流電圧が図中の値に近い値となっているかテストで調べることを勧める。ただし、この直流電圧は電源電圧 $V_{dd} = 5.5$ [V] で放送波を受信していない状態での値である。いずれかの値がここに示した値から大きくずれている場合には、配線ミス、部品のとり違いなどがあるので、その周辺を集中的に調べるとよい。

電源電圧 3~12 [V] の範囲で回路が動作することを確認している。

中間周波トランス IFT_1, IFT_2, IFT_3 を調節する覚悟ができたなら、 IFT_1 (黄)、 IFT_2 (白)、 IFT_3 (黒) の順に動かしてみてください。低い周波数の放送局 (著者の地域では NHK 名古屋 (729 [kHz])) の放送を聴きながら、まず黄色のつまみを動かして音量が最も大きくなる場所を探す。次に白色のつまみに対して同様のことを行う。最後に黒色のつまみに対して調節する。OSC コイルの赤いつまみは触らないことを勧める。

OSC コイルを調整するには AM 変調波を出力できるテストオシレータが必要である。周波数カウンタもしくは周波数カウンタ機能付きオシロスコープがあるととても良い。発振器、測定器を使わないで OSC コイルやポリバリコン背面のトリマコンデンサを動かすと収拾のつかない方向へと調整がずれて行ってしまうことがある。著者自身もいつの間にか中間周波数 460 [kHz] で調整終了していたことが一度ならずあった。

OSC コイル (赤) とポリバリコンのトリマを調整する目的は、ラジオを収めるケースがある場合には、ケースの目印とダイヤルつまみの値を合わせること、そして、AM 放送波帯の全範囲で中間周波数を 455 [kHz] 一定に保つことである。NHK 名古屋 (729 [kHz])、東海ラジオ (1332 [kHz]) のいずれの放送局を受信しても、受信周波数と局部発信周波数との差が 455 [kHz] となるように各つまみを調節する。

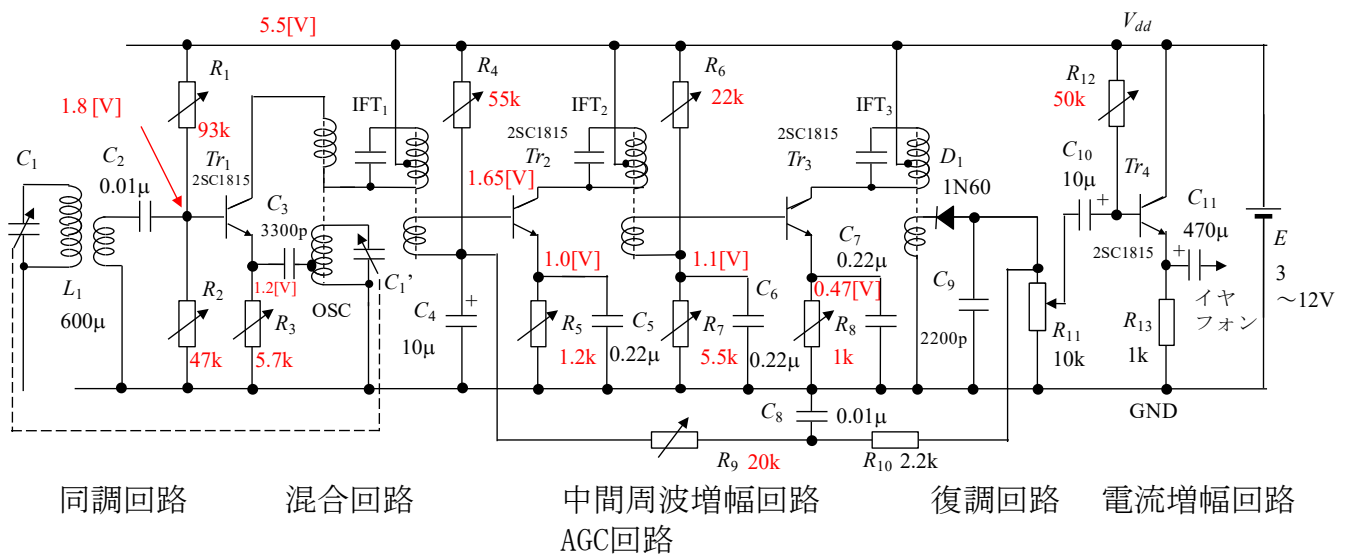


図9.2.1 スーパーヘテロダインラジオの調整

9.3 充電電池一個（電源電圧 1.25 [V]）の試み

充電電池一個（電源電圧 $E = 1.25$ [V]）でこのラジオを鳴らせるか？

試してみた。結論としては $E = 5.5$ [V] のときとほぼ同じ音質でラジオ放送を聴くことができた。図 9.3.1 は図 9.1.1 ~ 9.1.3 の回路において電源電圧 $E = 1.25$ [V] として、抵抗 R_1 , R_4 , R_6 , R_8 を調整した結果である。図中の各部の電圧は放送波を受信していない状態での値である。図 9.2.1 の値と異なる箇所を朱書きしてある。ただし、入念に調整した値ではない。電圧範囲に余裕が無く、AGC を効果的に働かせる設定は難しい。図 9.2.1 の設定からいきなり 1.25 [V] へ下げると調整が難しいので、6 [V] \rightarrow 3 [V] \rightarrow 1.5 [V] \rightarrow 1.25 [V] と徐々に下げながら調整していくと確実に動作点を見つけることができる。

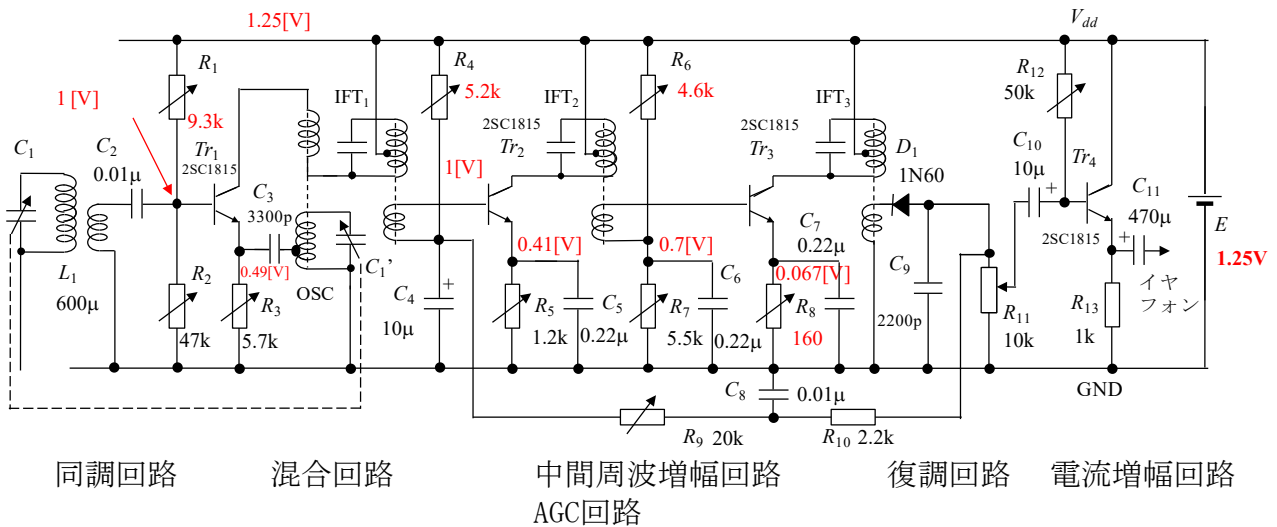


図9.3.1 スーパーヘテロダインラジオの調整
(電源電圧1.25V)

2010年1月

2018年12月 (9.1節加筆)

著者： 古橋 武

名古屋大学名誉教授 (令和2年4月より)

furuhashi.takeshi at gmail.com

本稿の内容は、著作権法上で認められている例外を除き、著者の許可なく複製することはできません。